دی‌سولفیدی متعدد در ساختار در مقایسه با مونومر گلیادین بالاتر است. همی‌سلولاز نیز با هیدرولیز ترکیبات همی‌سلولزی درشت مولکول باعث افزایش OH آزاد و بهبود جذب آب و حلالیت آنها می‌شود (Lebesi *et al*., 2012). در مجموع وجود ترکیبات فیبری مناسب در آرد حبوبات با خاصیت جذب و نگهداری رطوبت در کنار فعالیت همی‌سلولاز که موجبات بهبود امکان اتصال مولکول‌های آب با آن را فراهم می‌کند، در افزایش محتوی کلی رطوبت فرآورده مؤثر است.

دانسیته ظاهری

تحقیقات نشان داد که افزودن آرد حبوبات و جوانه‌ها تأثیر منفی قابل ملاحظه‌ای بر حجم و دانسیته محصولات نانوایی دارد. به‌طوریکه باعث کاهش حجم محصول و افزایش دانسیته آن می‌شود. این موضوع از نتایج الهوتی و همکاران (2002) در زمینه افزودن جوانه گندم به نان و بحول و همکاران (2014) در رابطه با افزودن آرد لوبیا قرمز به نان قابل استنباط است. کیک‌هایی که حجم بیشتری دارند، عموما ساختارشان تراکم کمتر و بنابراین سختی کمتری دارند (Lebesi *et al*., 2012). لذا سختی رابطه مستقیم با حجم کیک دارد و تغییرات دانسیته با ویژگی‌های بافتی محصول نیز کاملا مرتبط است. با توجه به نتایج جدول‌های 3 و 4 ملاحظه می‌شود که افزودن گلوتن و آنزیم همی‌سلولاز تأثیر معنی‌داری بر کاهش دانسیته ظاهری کیک و تقلیل تأثیر منفی جوانه عدس بر کیفیت محصول داشت. به همین دلیل نمونه شاهد و بهینه از نظر دانسیته ظاهری اختلاف معنی‌داری نداشتند. هنگامی که آرد و آب با هم مخلوط می‌شوند، شبکه‌ای با ویژگی‌های ویسکوالاستیک به وجود می‌آید که مسئول اصلی حفظ گاز در داخل خمیر است. ظرفیت جذب آب گلوتن، ویسکوزیته مناسب را فراهم می‌کند و باعث می‌شود که خمیر ظرفیت مناسب برای حفظ و گسترش هسته هوا را داشته باشد تا پراکندگی یکنواخت مواد تشکیل‌دهنده به‌منظور پخت مطلوب انجام شود. فعل و انفعالات پروتئین در ساختار کیک، دیواره‌های سلول را نسبت به افت مقاوم می‌کند. بنابراین گلوتن، ساختار کیک را به‌وسیله توزیع یکنواخت سلولی و در نتیجه حجم بهتر، بهبود می‌دهد (Wilderjans *et al*., 2008). اثر تیمار آنزیم بر حجم کیک می‌تواند به دلیل افزایش ویسکوزیته فاز آبی خمیر به واسطه کوتاه شدن طول زنجیر آرابینوزایلان و افزایش قدرت جذب آب آن دانست که با کاهش سرعت انتشار گاز، قدرت کافی در محصول جهت نگهداری حباب‌های هوا در طول مراحل پخت را فراهم می‌کند. بنابراین افزایش حجم کیک برای زمان طولانی‌تری در حین پخت اتفاق می‌افتد (Lebesi *et al*., 2012).

ارزیابی شاخص رنگ کیک

با توجه به نتایج جدول‌های 3 و 4 ملاحظه می‌شود که در مورد رنگ پوسته، گلوتن به مقدار 3 درصد تأثیر معنی‌داری ($P<0.05$) بر شاخص L و b دارد ولی بر شاخص a تأثیری ندارد. آنزیم همی‌سلولاز در سطح 50ppm تأثیر معنی‌داری بر شاخص a دارد. تأثیر آنزیم در سطح 25ppm بر شاخص b نیز معنی‌دار است، ولی بر شاخص L

بدون تأثیر است. در مورد رنگ مغز کیک، نتایج نشان می‌دهند که محتوی گلوتن بر شاخص‌های رنگ مغز تأثیری ندارد. آنزیم همی‌سلولاز نیز فقط بر تغییر شاخص a مؤثر است ولی بر تغییر شاخص‌های L وb تأثیری ندارد. لذا تأثیر متغیرها در محدوده مورد بررسی بر تغییرات رنگ مغز بسیار ناچیز است و به همین دلیل از بیان نتایج آن در جداول و گراف‌ها صرف‌نظر شده است. به‌طورکلی رنگ پوسته عمدتا با شدت واکنش‌های مایلارد و کاراملیزاسیون تحت تأثیر قرار می‌گیرد در حالی‌که رنگ مغز وابسته به میزان و ترکیب مواد مورد استفاده در فرمولاسیون محصول است (Lebesi *et al*., 2012). گلوتن با نگهداری رطوبت کیک و توان مناسب ساختار سلولی بافت و بالطبع ظاهر براق‌تر فیلم‌های نازک شبکه گلوتنی در سطح سلول‌های کیک و یا به‌عبارت دیگر تعداد زیادی سلول در واحد سطح با میانگین اندازه سلولی کوچکتر، موجب انعکاس بیشتر نور در سیستم رنگی می‌شود (مهدویان و همکاران، 1390). آنزیم همی‌سلولاز نیز با کاهش پراکنش نور عبوری باعث روشن‌تر شدن رنگ محصول می‌شود. این موضوع با نتایج Abbès و همکاران (2011) در زمینه افزودن آنزیم سلولاز به شربت خرما هماهنگی دارد.

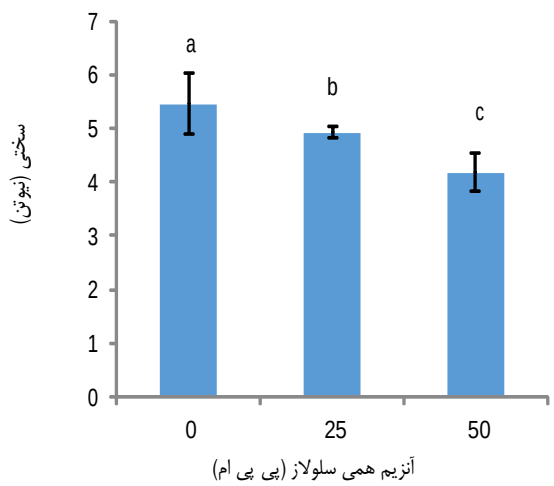
ارزیابی خواص بافتی

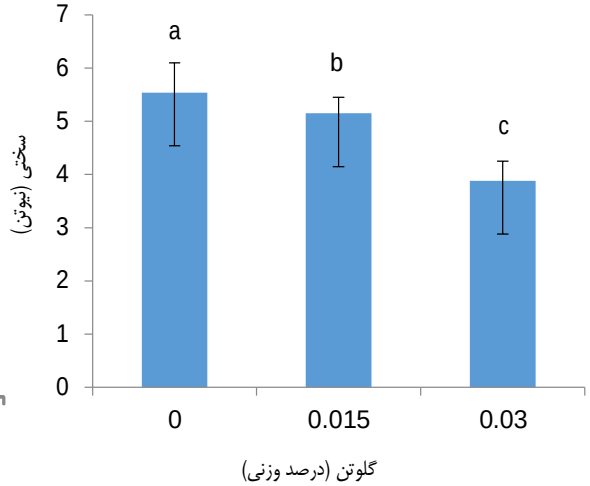
با توجه به گراف‌های 1 و 2 ملاحظه می‌شود که افزودن گلوتن و آنزیم همی‌سلولاز تأثیر معنی‌داری بر بهبود خواص بافتی محصول دارد و باعث کاهش سختی و افزایش پیوستگی و فنریت آن شده است. افزودن آرد حبوبات و جوانه‌ها به محصولات نانوایی، اگرچه مواد غذایی فراسودمندی تولید می‌کنند که ترکیب تغذیه‌ای و مواد معدنی بالاتری دارند، ولی از طرفی هم بر ویژگی‌های حسی و بافتی آنها تأثیر منفی دارند. میزان سختی بافت این محصولات در مقایسه با نمونه‌های تهیه شده با آرد گندم عموما افزایش و پیوستگی آن‌ها کاهش می‌یابد که در مورد محصولات نانوایی یک ویژگی نامطلوب است. این موضوع می‌تواند به‌دلیل پروتئین‌های بدون گلوتن و فیبرهای نامحلولی باشد که ساختار کلی محصول را تضعیف می‌کنند و در ماتریس پروتئینی یکنواخت و پیوسته اختلال ایجاد می‌کند. این مسأله از نتایج پتیتوت و همکاران (2010) در افزودن آرد نخودفرنگی و باقلا به اسپاگتی و آنتون و همکاران (2009) در رابطه با افزودن آرد لوبیاچیتی به تورتیلا قابل استنباط است. به همین دلیل به‌منظور بهبود خواص بافتی محصول،

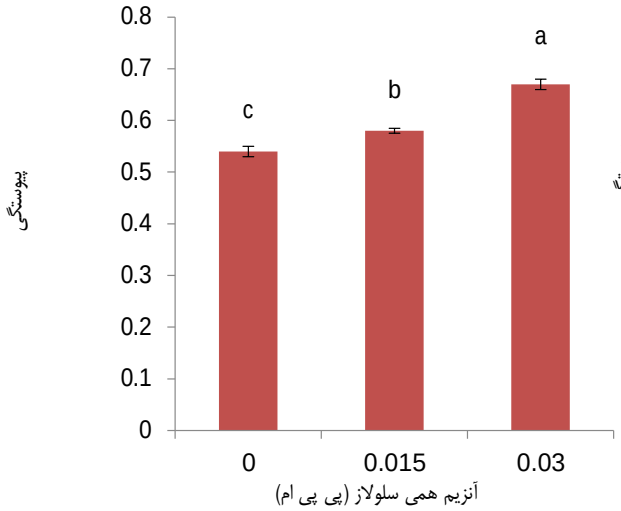
در این پژوهش از پودر گلوتن فعال و آنزیم همی‌سلولاز استفاده شد، که تأثیر بسیار خوبی بر ویژگی‌های بافتی کیک داشتند. گلوتن به دلیل ایجاد شبکه ویسکوالاستیک، در حفظ حالت و وضعیت مناسب در خمیر به‌منظور نگهداری بهتر حباب‌های هوا و همچنین حفظ رطوبت با جذب آب توسط پروتئین‌ها در محصول، در بهبود بافت کیک تأثیر دارد. افزودن گلوتن باعث تحول در ساختار کیک شده و منجر به قوی‌کردن باندهای داخلی شده است و با تقویت شبکه گلوتنی، پیوستگی را افزایش داده است (Paraskevopoulous *et al*., 1997). آنزیم همی‌سلولاز هم تا حدودی اتصالات و باندهای ساختار آرابینوزایلان را کاهش می‌دهد و باعث کاهش سختی حاصل از آن می‌شود (Abbes *et al*., 2011). به‌علاوه این آنزیم با افزایش انحلال و قابلیت جذب آب ترکیبات همی‌سلولزی در افزایش ویسکوزیته خمیر و بهود امکان حفظ حباب‌های هوا و به‌واسطه آن افزایش حجم و کاهش سفتی بافت محصول تأثیر دارد. پیوستگی بافت محصول به‌عنوان یک رفتار الاستیک توصیف می‌شود و افزایش آن نشان از بهبود انسجام بافت دارد. آنزیم همی‌سلولاز با حفظ رطوبت کیک باعث افزایش خواص ویسکوالاستیک گلوتن می‌شود. همچنین گلوتن و آنزیم همی‌سلولاز با افزایش ظرفیت جذب آب، باعث افزایش خواص ویسکوالاستیک بافت و بهبود فنریت و پیوستگی می‌شوند.

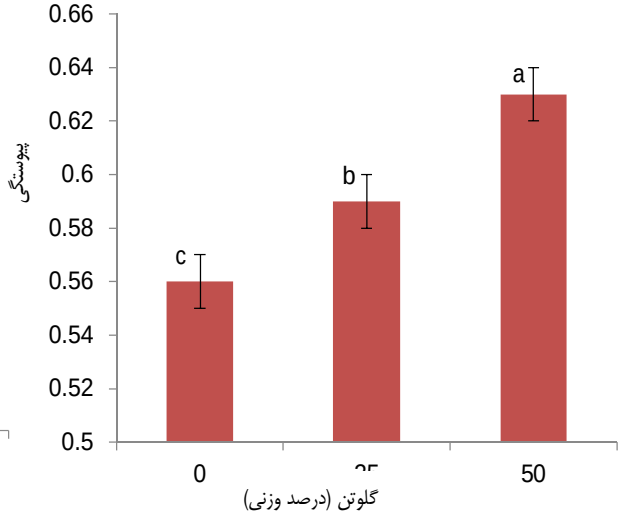
ارزیابی خواص حسی کیک

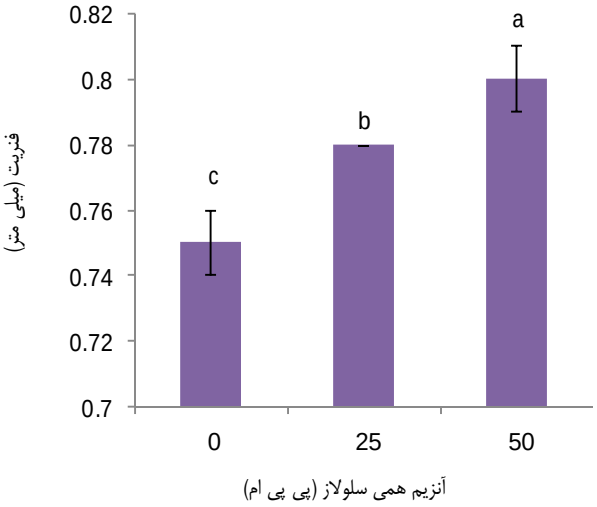
بر مبنی نتایج حاصل از بررسی‌های صورت گرفته بر ویژگی‌های فیزیکی و بافتی محصول در 9 تیمار موردنظر، 3 نمونه کیک که به‌ترتیب حاوی 3% گلوتن و صفر% آنزیم (تیمار 7)، 3% گلوتن و 25ppm آنزیم (تیمار 8) و 3% گلوتن و 50ppm آنزیم (تیمار 9) بودند، به‌عنوان بهترین نمونه‌های این بخش برای انجام ارزیابی‌های حسی انتخاب شدند. انتخاب سه نمونه از نه تیمار اولیه به‌منظور ایجاد سهولت و دقت بیشتر عملکرد ارزیابان در آزمون حسی صورت گرفت. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که نمونه شماره 9 در مقایسه با نمونه‌های حاصل از تیمارهای 7 و 8 مطلوبیت معنی‌دار بیشتری دارد. لذا، در نهایت این نمونه به‌عنوان نمونه بهینه تعیین شد. نتایج این ارزیابی در شکل 7 مشاهده می‌شود. افزودن آرد عدس جوانه‌زده به کیک بر ویژگی‌های حسی آن تأثیر منفی دارد. گلوتن و آنزیم همی‌سلولاز به رفع این مشکل و بهبود خواص حسی کمک می‌کنند. آرد عدس جوانه‌زده خام دارای طعم نامطلوبی است، که البته با ورود آن به فرمولاسیون و پخت محصول، طعم آن تا حدود زیادی بهبود می‌یابد. همچنین آرد عدس باعث تیره‌شدن رنگ کیک می‌شود. استفاده از گلوتن و آنزیم همی‌سلولاز در بهبود طعم، پس‌طعم، رنگ و بافت محصول مؤثر است. نتایج مشابهی توسط رشمه کریم و همکاران (1380) در افزودن گلوتن به نان لواش و لبسی و همکاران (2012) در رابطه با افزودن جو دوسر و سبوس برنج به کیک مشاهده شده است.

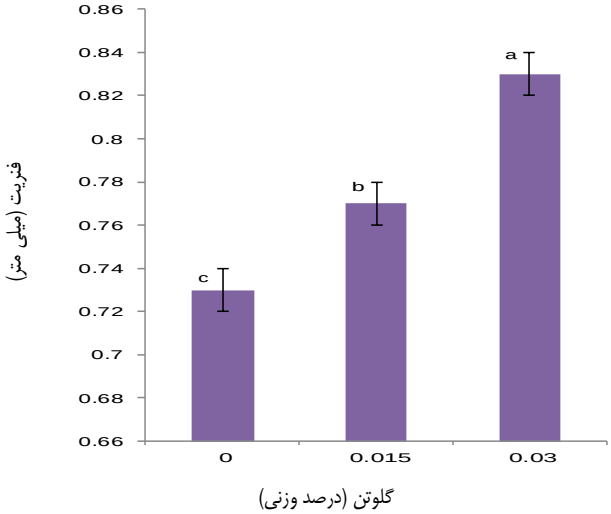

سختی (نیوتن)
a
b
c
0
25
50
آنزیم همی سلولاز (پی پی ام)


سختی (نیوتن)
a
b
c
0
0.015
0.03
گلوتن (درصد وزنی)

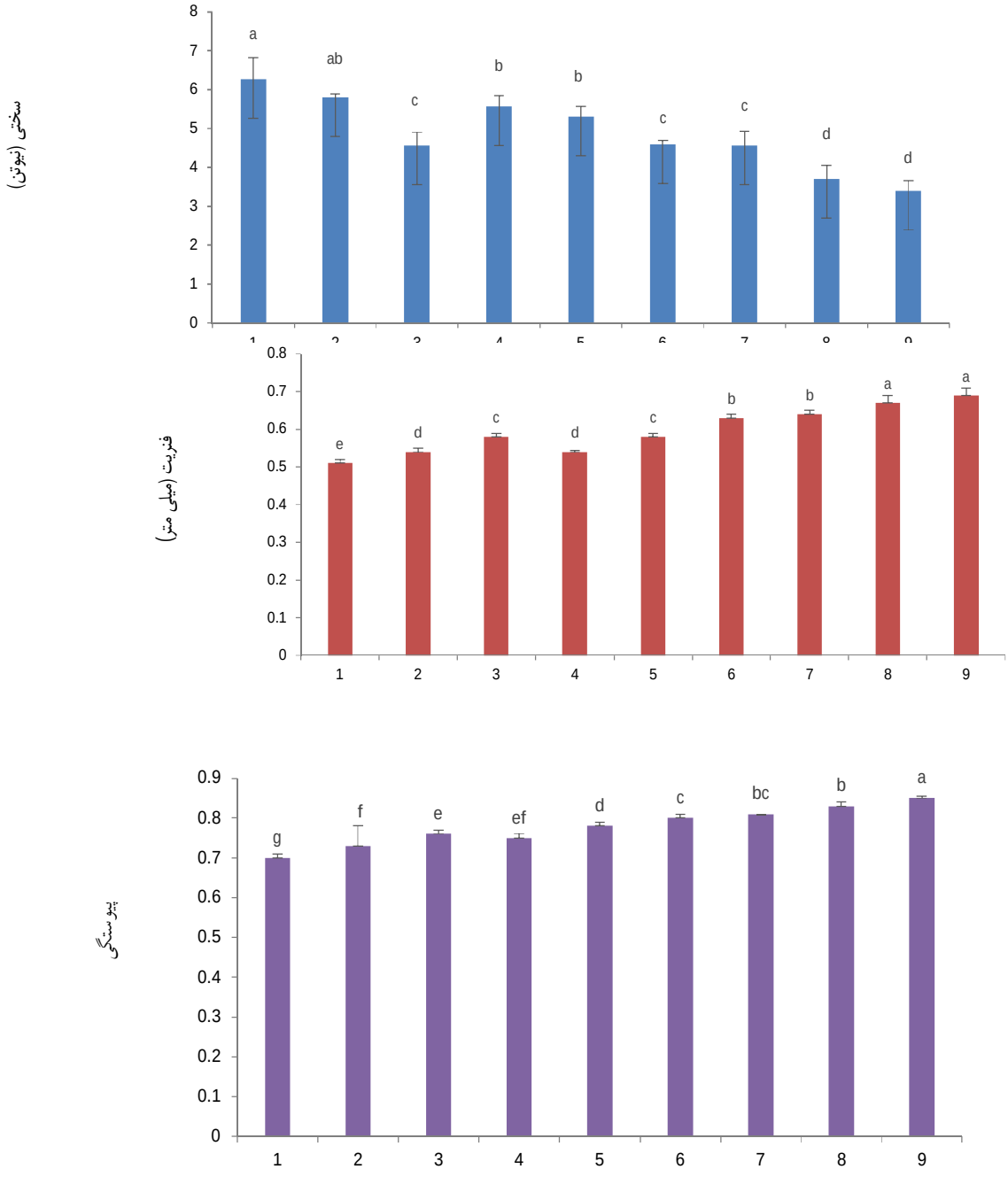

پیوستگی
c
b
a
0
0.015
0.03
آنزیم همی سلولاز (پی پی ام)


پیوستگی
c
b
a
0
50
گلوتن (درصد وزنی)


فنریت (میلی متر)
c
b
a
0
25
50
آنزیم همی سلولاز (پی پی ام)

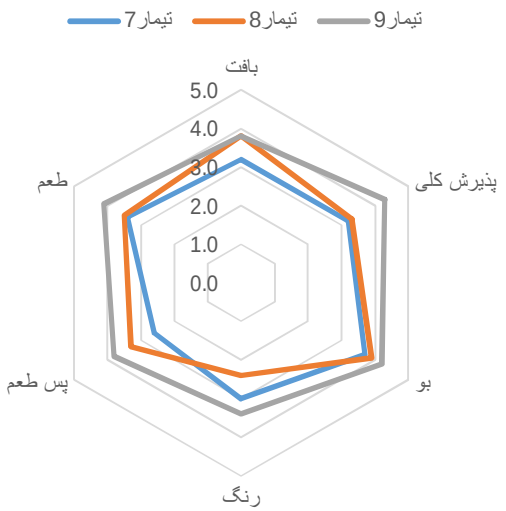

فنریت (میلی متر)
c
b
a
0
0.015
0.03
گلوتن (درصد وزنی)

شکل 1- مقایسه میانگین اثرات مستقل گلوتن و آنزیم همی‌سلولاز بر ویژگی‌های بافتی کیک



شکل 2- مقایسه میانگین اثرات متقابل گلوتن و آنزیم همی‌سلولاز بر ویژگی‌های بافتی

(1): 0% گلوتن و 0% آنزیم،(2): 0% گلوتن و 25ppm آنزیم، (3): 0% گلوتن و 50ppm آنزیم،(4): 1/5% گلوتن و 0ppmآنزیم ، (5): 1/5% گلوتن و 25ppm آنزیم،(6): 1/5% گلوتن و 50ppm آنزیم ،(7): 3% گلوتن و 0ppmآنزیم ،(8): 3% گلوتن و 25ppm آنزیم و (9): 3% گلوتن و 50ppm آنزیم



شکل 3- مقایسه میانگین تأثیر آرد عدس جوانه‌زده، گلوتن و آنزیم همی‌سلولاز بر ویژگی‌های حسی محصول

ارزیابی و مقایسه خصوصیات کیفی نمونه بهینه و شاهد (تهیه شده با آرد گندم)

ارزیابی و مقایسه تعدادی از ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی

فرآیند جوانه‌زنی به‌طور کلی کیفیت تغذیه‌ای حبوبات را با افزایش سطح اسیدهای آمینه آزاد، فیبر و دیگر ترکیبات زیست‌فعال، بهبود می‌دهد (Amoros *et al*., 2006). جوانه حبوبات منبع خوبی از پروتئین‌های با دسترسی زیستی بالا، نشاسته و مواد معدنی هستند (Swieca *et al*., 2013). در این پژوهش با توجه به آنچه در جدول 5 مشاهده می‌شود، افزودن آرد عدس جوانه‌زده تأثیر بسیار زیاد و معنی‌داری در افزایش ($p\leq0/05$) محتوی خاکستر و املاح آهن، کلسیم، پتاسیم، فسفر، پروتئین و فیبر خام محصول و بهبود ارزش تغذیه‌ای آن دارد. در مورد کمیت چربی، میان نمونه شاهد و بهینه اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. محتوی آهن نمونه بهینه بیش از دو برابر نمونه شاهد برآورد شده است. این نتایج با نتایج بحول و همکاران (2014) در افزایش ارزش تغذیه‌ای محصول همگام با افزودن آرد لوبیا قرمز به نان و گیمنز و همکاران (2012) در رابطه با افزودن آرد باقلا به اسپاگتی هماهنگی دارد.

نمونه شاهد و بهینه از نظر محتوی رطوبت اختلاف معنی‌داری با هم دارند. محتوی رطوبت نمونه بهینه به واسطه افزایش قدرت جذب آب ترکیبات آن بالاتر از نمونه شاهد است. فعالیت آنزیم همی‌سلولاز در بهبود جذب آب ترکیبات فیبری تأثیر ویژه‌ای دارد. وجود گلوتن با قدرت جذب آب بالا نیز در افزایش محتوی رطوبت محصول مؤثر است. به‌علاوه آرد جوانه عدس به واسطه دارا بودن محتوی پروتئین و فیبر بالا قدرت جذب و نگهداری آب بالایی دارد. نتایج نشان می‌دهد که از نظر دانسیته ظاهری تفاوت معنی‌دار آماری میان این دو نمونه مشاهده نمی‌شود که نشان دهنده تأثیر مثبت افزودنی‌های انتخابی و سطوح آنها بر بهبود حجم و دانسیته و کاهش تأثیر منفی جوانه عدس بر آن است.

با توجه به جدول 5، نمونه شاهد و بهینه از نظر شاخص‌های L، a و b رنگ پوسته و مغز کیک اختلاف معنی‌داری باهم دارند. نتایج تحقیقات نشان می‌دهند که افزودن آرد حبوبات و جوانه‌ها به محصولات نانوایی عموما باعث تیره شدن رنگ پوسته و مغز محصول می‌شود (Al-Hooti *et al*., 2002; Mohammeda *et al*., 2012). البته نتایج این پژوهش نشان می‌دهد افزودن گلوتن و آنزیم همی‌سلولاز در بهبود رنگ محصول مخصوصا رنگ پوسته مؤثر بوده و رنگ نمونه بهینه به نمونه شاهد گندم بسیار نزدیکتر شده است.

ارزیابی و مقایسه ویژگی‌های بافتی و سرعت بیات شدن

با توجه به شکل 8 قسمت (I) ملاحظه می‌شود که با افزایش زمان نگهداری، سفتی بافت نمونه‌ها افزایش می‌یابد که علت اصلی آن به کریستال شدن اجزاء نشاسته در طول نگهداری محصول مرتبط است. نمونه‌های شاهد و بهینه در روزهای دوم و هفتم پس از تولید از نظر سختی بافت اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

با توجه به شکل 8 قسمت (II) ملاحظه می‌شود که پیوستگی بافت در طول انبارمانی کاهش یافته است. در ابتدای زمان نگهداری، پیوستگی نمونه شاهد از بهینه بیشتر است، ولی به‌تدریج و با گذشت زمان از اختلاف آنها کاسته شده به‌طوریکه در روزهای هفتم و چهاردهم، نمونه‌های شاهد و بهینه از نظر پیوستگی تفاوت معنی‌داری نداشته‌اند و از نظر کمی مقدار پیوستگی بافتی نمونه بهینه در روز چهاردهم نگهداری بالاتر از نمونه شاهد است.

جدول 5- مقایسه میانگین نمونه‌های شاهد و بهینه از نظر ویژگی‌های شیمیایی، رطوبت، دانسیته ظاهری و شاخص‌های رنگ محصول

متغیرهای وابسته	شاهد	بهینه
آهن (mg/100)	0/58 ± 0/006 b	1/25 ± 0/05 a
کلسیم (mg/100)	48/50 ± 0/20 b	60/76 ± 0/51 a
پتاسیم (mg/100)	75/76 ± 3/66 b	141/16 ± 3/37 a
فسفر (mg/100)	118/50 ± 2/296 b	128/96 ± 1/82 a
پروتئین (g/100)	7/73 ± 0/11 b	10/83 ± 0/05 a
خاکستر (g/100)	0/95 ± 0/47 b	1/05 ± 0/01 a
فیبر خام (g/100)	1/64 ± 0/13 b	2/17 ± 0/09 a
چربی (g/100)	12/90 ± 0/20 a	13/23 ± 0/40 a
رطوبت	20/23 ± 0/20 b	21/73 ± 0/11 a
دانسیته ظاهری	0/49 ± 0/02 a	0/51 ± 0/01 a
L (پوسته)	67/79 ± 1/83 a	55/70 ± 1/54 b
a (پوسته)	30/44 ± 1/13 a	26/12 ± 0/48 b
b (پوسته)	32/76 ± 1/29 a	26/02 ± 1/64 b
L (مغز)	72/35 ± 1/36 a	61/83 ± 0/66 b
a (مغز)	-12/15 ± 1/63 b	-3/78 ± 0/60 a
b (مغز)	36/16 ± 1/32 a	25/81 ± 0/88 b

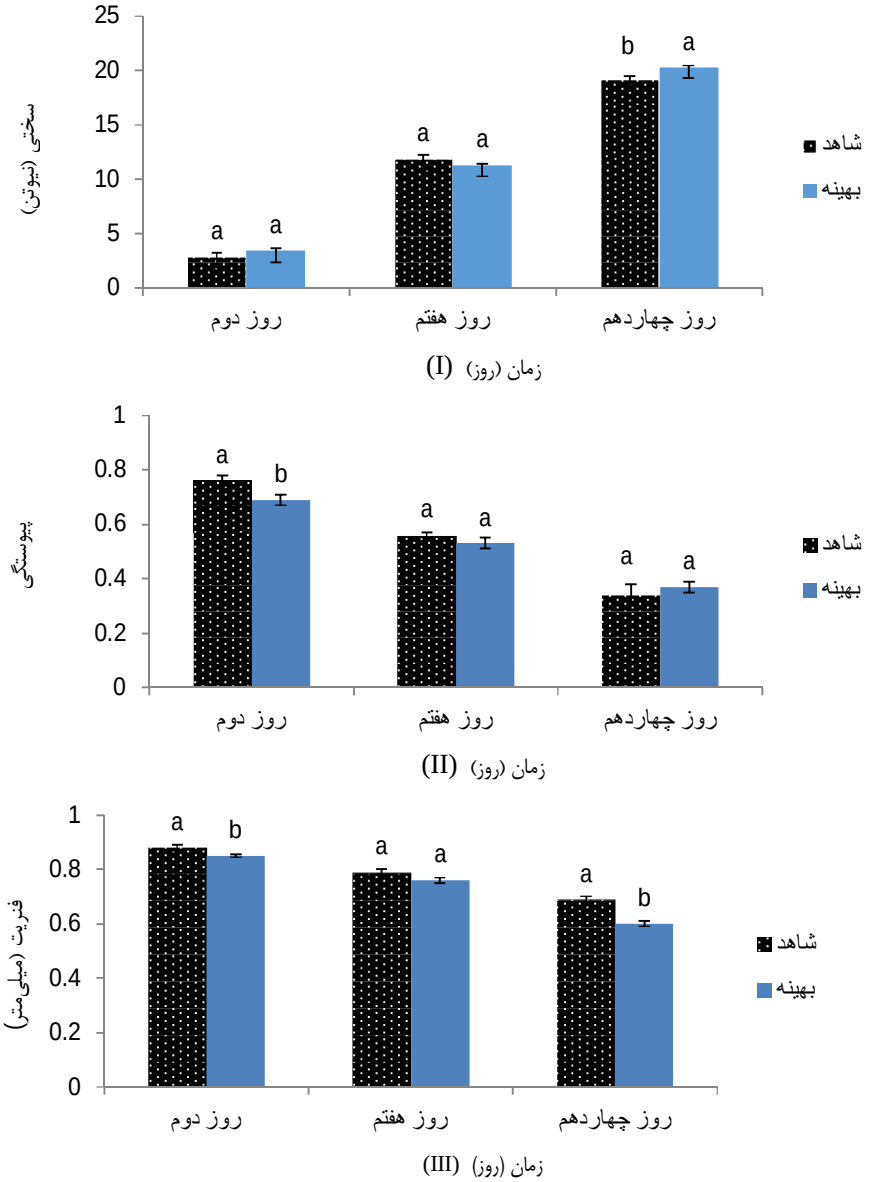
در هر سطر اعداد دارای حروف متفاوت از نظر آماری با هم تفاوت دارند. $P \leq 0/05$

با توجه به شکل 8 قسمت (III) ملاحظه می‌شود که فنریت بافت نمونه‌ها در طول انبارمانی کاهش یافته است که این پدیده به‌واسطه کاهش خصوصیت الاستیک بافت محصول با گذشت زمان است. در نمونه‌های شاهد و بهینه مورد مقایسه، اختلاف اندکی در میزان فنریت بافت وجود دارد که کمیت این اختلاف در روزهای دوم و چهاردهم معنی‌دار ولی در روز هفتم تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نمی‌شود.

به‌طور کلی مقایسه ویژگی‌های بافتی دو نمونه بهینه و شاهد در بدو تولید و حین زمان نگهداری نشان از تشابه خصوصیات بافتی آنها دارد. جوانه عدس محتوی فیبر بالایی دارد که از دید تکنولوژیکی به‌دلیل ظرفیت اتصال آب باعث بهبود حفظ رطوبت و افزایش لطافت بافتی محصول می‌شود. خاصیت جذب آب فیبر هم به‌دلیل تعداد زیاد گروه‌های هیدروکسیل موجود در مولکول‌های فیبر است که اجازه تعامل بیشتر به آب از طریق پیوندهای هیدروژنی را می‌دهد. فعالیت آنزیم همی‌سلولاز در افزایش گروه‌های هیدروکسیل آزاد و بهبود جذب آب فیبر مؤثر است. گلوتن نیز با ایجاد ساختاری ویسکوالاستیک کمک شایانی در بهبود بافت، تأخیر در سرعت بیاتی محصول و افزایش طول عمر و قابلیت نگهداری محصول می‌کند (یارمند و همکاران، 1384).

نتیجه‌گیری

جوانه حبوبات از جمله عدس حاوی مقادیر زیادی ترکیبات فراسودمند و بهبود دهنده سلامتی هستند. در این مطالعه با هدف غنی‌سازی کیک، جایگزینی 25 درصد آرد جوانه عدس با آرد گندم صورت گرفت و به‌منظور تعدیل و بهبود ویژگی‌های کیفی محصول و کاهش تأثیر منفی این جایگزینی از آنزیم همی‌سلولاز و گلوتن فعال استفاده شد. نتایج نشان داد که متغیرهای مستقل مورد استفاده تأثیر قابل ملاحظه‌ای در بهبود ویژگی‌های فیزیکی (رطوبت، دانسیته و رنگ)، بافتی (سختی، پیوستگی و فنریت) محصول دارند. ویژگی‌های نمونه بهینه با 25% جایگزینی آرد عدس با آرد گندم در فرمولاسیون که دارای 3% پودر گلوتن فعال و 50ppm آنزیم همی‌سلولاز است از لحاظ بسیاری از پارامترهای فیزیکی و بافتی قرابت بسیار زیادی با نمونه معمول تهیه شده با آرد گندم در بدو تولید و حین نگهداری دارد. بررسی و مقایسه ترکیبات شیمیایی دو نمونه بهینه و شاهد نشان از افزایش بسیاری از املاح از جمله آهن، کلسیم، پتاسیم، فسفر، محتوی پروتئین و فیبر نمونه بهینه می‌دهد. از این‌رو غنی‌سازی طبیعی این فرآورده خصوصا از لحاظ ریزمغذی آهن بدون تأثیر منفی بر ویژگی‌های کیفی محصول با استفاده از آرد جوانه عدس میسر است. توصیه می‌شود با توجه به ارزش تغذیه‌ای بی‌نظیر جوانه غلات و حبوبات، از این ترکیبات در فرمولاسیون محصولات غذایی استفاده بیشتری به عمل آید و هم‌زمان از به‌کارگیری افزودنی‌های مناسب در کاهش تأثیر آنها بر ویژگی‌های بافتی و حسی محصول بهره‌گیری شود.



شکل 4- مقایسه ویژگی‌های بافتی نمونه‌های شاهد و بهینه در طول انبارمانی

منابع

پیله‌وران، م.، توکلی‌پور، ح.، بیرقی طوسی، ش. و شفافی زنوزیان، م.، 1393، بهینه سازی فرمولاسیون کیک یزدی کم کالری با استفاده از شیرین کننده‌های استویوزید، ایزومالت و سوربیتول، اولین همایش ملی میان وعده‌های غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی مشهد.

رشمه کریم، ک.، سعیدی، ع.، حامدی، م. و ایرانی، پ.، 1380، اثر زیر واحدهای گلوتنین چند رقم تجاری گندم بر کیفیت نان لواش، نهال و بذر، جلد 17، شماره 3، 274-262.

زارع نژاد، ف.، پیغمبردوست، س.ه. و آزادمرد دمیرچی، ص.،1393، اثر افزودن جوانه گندم خام و تثبیت شده بر خواص کیفی کیک قالبی، نشریه

پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران، جلد 10، شماره 3، 248-241.

طهماسبی پور، م.، دهقان نیا، ج.، سیدلو هریس، س.ص. و قنبرزاده، ب.،1393، مدلسازی تغییرات رنگی طی خشک کردن انگور پیش تیمار شده با فراصوت و کربوکسی متیل سلولز و بررسی ویژگیهای حسی آن، فصلنامه علوم و فناوری های نوین غذایی، سال اول، شماره 4، 79-61.

موسسه استاندارد و تحقیقات ملی ایران. 1374، تقسیم‌بندی علمی، صنعتی، فراورده‌های شیرینی و قنادی. 2705، 2706، 2862، 3105، 9266، 9639-2، 19052.

مهدویان، س.، الهامی راد، ا.ح.، شیخ الاسلامی، ز. و عبداله زاده، ق.،1390، بررسی تاثیر سطوح مختلف ترکیب گلوتن و نشاسته بر کیفیت نان بربری نیمه حجیم به روش پردازش تصویر، همایش ملی صنایع غذایی (فن آوری های نوین، کنترل کیفیت و بسته بندی مواد غذایی)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان، 10-9 اسفند.

ناصحی، ب.، مرتضوی، س.ع. و زنگنه، ح.،1390، بررسی تاثیر گلوتن بر ویژگی‌های اسپاگتی حاوی آرد کامل سویا، فصلنامه علـوم و صـنایع غذایی، جلد 32، شماره 2، 59-51.

یارمند، م.س. و سیدین اردبیلی، س.م.،1384، اثر گلوتن و آرد مالت جو بر روی بیاتی و کیفیت نان بربری، مجله علوم کشاورزی ایران، جلد 36، شماره 3، 602-591.

AACC., 2003, Approved methods of the american association of cereal Chemists.

AOAC, 1984, Official methods of analysis (14th ed.). Washington, DC: Association of Official Agricultural Chemists.

Abbès, F., Bouaziz, M., Blecker, C., Masmoudi, M., Attia, H., Besbes, S., 2011, Date syrup: Effect of hydrolytic enzymes (pectinase/cellulase) on physicochemical characteristics, sensory and functional properties. LWT - *Food Science and Technology*, 44, 1827-1834.

Al-Hooti, S.N., Sidhu, J.S., Al-Saqer, J.M., Al-Othman, A., 2002, Effect of raw wheat germ addition on the physical texture and objective color of a designer food (*pan bread*). *Die Nahrung*, 46, 68-72.

Al-Numair, K.H., Ahmed, S., Al-Assaf, A., Alamri, M., 2009, Hydrochloric acid extractable minerals and phytate and polyphenols contents of sprouted faba and white bean cultivars. *Food Chemistry*, 113, 997–1002.

Amoros, M., Hernandez, T., Estrella, I., 2006, Effect of germination on legume phenolic compounds and their antioxidant activity. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 277-283.

Anton, A., Lukow, O., Fulcher, R., Arntfield, S., 2009, Shelf stability and sensory properties of flour tortillas fortified with pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour: Effects of hydrocolloid addition. LWT- *Food Science and Technology*, 42, 23–29.

Bansal, S., Sudha, M.L., 2011, Nutritional, microstructural, rheological and quality characteristics of biscuits using processed wheat germ. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 62, 474-479.

Bhol, S., Bosco, S., 2014, Influence of malted finger millet and red kidney bean flour on quality characteristics of developed bread. LWT - *Food Science and Technology*, 55, 294-300.

Giménez, M.A., Drago, S.R., Greef, D., Gonzalez, R.J., Lobo, M.O., Samman, N.C., 2012, Rheological, functional and nutritional properties of wheat/broad bean (Vicia faba) flour blends for pasta formulation. *Food Chemistry*, 134, 200-206.

Gomez, M., Gonzalez, J., Oliete, B., 2011, Effect of Extruded Wheat Germ on Dough Rheology and Bread Quality. *Food Bioprocess Technol*, 5 (6), 2409-2418.

Lebesi, D., Tzia, C., 2012, Use of endoxylanase treated cereal brans for development of dietary fiber enriched cakes. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 13, 207-214.

Mohammeda, I., Ahmed, A., Senge, B., 2012, Dough rheology and bread quality of wheat-chickpea flour blends. Industrial Crops and Products, 36, 196–202.

Paraskevopoulous, A., Kiosseoglou, V., 1997, Texture Profile Analysis of Heat-Formed Gels and Cakes Prepared with Low Cholesterol Egg Yolk Concentrates. *Journal of Food Science*, 62, 208-211.

Petitot, M., Boyer, L., Minier, C.H., Micard, V., 2010, Fortification of pasta with split pea and faba bean flours: Pasta processing and quality evaluation. *Food Research International*, 43, 634-641.

Purlis, E., 2010, Browning development in bakery products – A review. Journal of Food Engineering, 99, 239-249.

Rosental, A.J., 1995, Application of aged egg in enabling increased substitution of sucrose by Littese (polydextrose) on high ratio cakes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 68, 127-131.

Suleiman, M., Eltyeb, M., Abbass, M., Ibrahim, E., Babiker, E., Eltinay, A., 2007, Changes in chemical composition, phytate, phytase activity and minerals extractability of sprouted lentil cultivars. *Journal of Biological Sciences*, 7 (5), 776-780.

Swieca, M., Baraniak, B., Gawlik-Dziki, U., 2013, In vitro digestibility and starch content, predicted glycemic index and potential in vitro antidiabetic effect of lentil sprouts obtained by different germination techniques. *Food*

Chemistry, 138, 1414-1420.

Valverde, C., Frıas, J., Sierra, I., Blazquez, I., Lambien, F., Kuo, Y-H., 2002, New functional legume food by germination. Effect on the nutritive value of beans, lentils and peas. *European Food Research and Technology*, 215, 472-476.

Wilderjans, E., Pareyt, B., Goesaert, H., Brijs, K., Delcour, J., 2008, The role of gluten in a pound cake system: A model approach based on gluten-starch blends. *Food Chemistry*, 110, 909–915.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 14, No. 2, June. July. 2018, p. 411-426

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 14، شماره 2، خرداد-تیر 1397 ص 426-411

Effects of active gluten and hemicellulase enzyme on improvent of qualititative properties of fortified cake with sprouted lentil

F. Bahrami Maghsudbeki[1], H. Abbasi[*2], M. Goli[2]

Received: 2016.11.27
Accepted: 2017.05.27

Introduction: Legumes are suitable sources in nutraceutical properties due to existence of anticancer, antioxidant and also significant antimicrobial substances. Different processing such as soaking, peeling and germinating improves nutritional value and bioavailability of minerals such as calcium, iron and phosphorus content of legumes and based on the literature review, germination is the best method among the others. The results of previous researches demonstrated significant improvement of nutraceutical and farmoceutical properties of products due to germination. In legumes, sprouted lentil has higher nutritional value such as minerals and essential amino acids than others. Cereal based products, especially products of wheat flour such as bread, pastries, biscuits and etc are used generally as a staple food around the world. Cake is one of the widely used confectionary cereal based product that its nutritional quality is important in public health. According to deficiency of wheat flour from many essential amino acids and important minerals such as iron, the aim of present study was to employ natural enrichment of cake with sprouted lentile and improving the qualitative characteristics of products using active gluten and hemicellulase enzyme. Due to the existence of problems in enrichment of wheat flour with iron due to difficulties in uniform distribution of particles and creation of unsuitable organoleptic properties in the products, currently, iron enrichment is limited to whole flour in Iran. Therefore, the results of the present research could an alternative way for flour enrichment with iron and other nutrients.

Materials and method: In order to prepare sprouted lentil flour, the “official” lentil variety was prepared and treated at ambient temperature (24°C) and suitable humidity (90%) in dark place in order to germinate and increase the shoot height to 1.5 cm. The sprouted lentils were dried at room temperature in shadow. Then, they were milled and sieved in order to achieve suitable particle size. At the beginning step, sprouted lentil flour and wheat flour were evaluated in terms of protein, moisture, ash, fat and minerals such as iron, calcium, potassium and phosphorus. After numerous pre-tests by experts in cereal technology, the usable quantities of sprouted lentil flour according to organoleptic characteristics of the product, was considered 25% of batter’s flour. Improving the textural characteristics of products due the negative effects of germinated lentils flour was considered using independent variables of present study (hemi-cellulase enzymes at 0, 25 and 50 ppm levels and active gluten powder at %0, %1/5 and %3). Sprouted lentil flour was treated for 30 minutes with enzyme before using in batter formulation. Prepared samples with 25% replaced sprouted lentil with wheat flour and hemicellulase (0, 25, 50 ppm) and active gluten (%0, %1.5, %3) were investigated in terms of volume, bulk density, color properties of crust and crumb, moisture content, textural properties (hardness, cohesiveness and springiness) and also sensorial properties. Prepared product based on optimized formulation according to the results of chemical, physical and sensorial analysis was evaluated in staling rate, the quantities of fat, protein, ash, fiber and minerals such as iron, calcium, phosphorus, potassium and its results were compared to control. Data was analyzed according to the factorial experiments based on completely randomized design by SAS software (version 9.2), and the means were compared by LSD test at 5 significance percent level. Statistical evaluation of sensorial properties was also done based on qualitative method of Kruskal-Wallis.

Results and Discussion: In chemical composition of wheat and sprouted lentil flour, there were significant differences between two samples in terms of protein, ash, and minerals content such as iron, calcium,

1 and 2. Graduated MSc student and Assistant professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
(*Corresponding author email: H.Abbasi@khuisf.ac.ir)

phosphorus and potassium. But, there was no significant difference in fat content. The quantity of iron in lentil flour was five times more than that of wheat flour, calcium was double, potassium was seven times and phosphorus was six times more than that of wheat flour. Also, sprouted lentil flour showed higher protein content than wheat flour. Addition of sprouted lentils to batter formulation increased moisture content of the sample than the same one prepared only with wheat flour. Gluten and hemicellulase had significant effects on reducing the apparent density of samples and improving the physical, sensorial and textural characteristics of the product. In this regard, the hardness of sample's crumb were decreased and theirs cohesiveness and springiness were increased significantly. According to the results of the present study, the addition of gluten and hemicellulase enzyme was improved color properties, especially in crust position. Therefore, independent variables were effective in improvement of qualitative properties of products. Finally, the optimal sample based on physical, textural and sensorial evaluation was introduced a sample with 25% sprouted lentil flour, 3% active gluten and 50 ppm hemicellulase enzymes. The optimum sample was closed to wheat control sample in the case of the qualitative characteristics. Comparison of textural characteristics of optimum and control samples during storage was indicated the similar characteristics of them. Sprouted lentil flour was a rich material in fiber with high water binding capacity in technological point. Therefore, it improved moisture retention and softness of texture. As well as, comparison the textural qualitative characteristics of the selected and control samples (prepared with wheat flour completely without additives) was shown a very high affinity in them. The products made with sprouted lentil had significantly higher nutritional value in protein, ash, crude fiber and minerals such as iron, calcium, potassium and phosphorus content than control. The iron content of optimum sample was more than twice of the control. Therefore, the results of the present research are effective in production of the functional product with improved nutritional characteristics. Due to the unique nutritional value of grain, more sprouted bean is recommended to use in food product formulation, and at the same time suitable additives are used for reducing their impact on the textural and sensorial properties of product.

Keywords: Enrichment, Cake, sprouted Lentil, Gluten, Hemicellulose